

APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS ÁGILES EN LA GESTIÓN DE PROYECTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Recibido: julio 10 de 2017 - Aceptado: agosto 7 de 2017

Lewis Charles Quintero Beltrán. PhD

Administración Gerencial, Mag. Administración, Esp. Gerencia Integral, Ingeniero de Productividad y Calidad. Docente investigador Grupo de Estudios Empresariales. Coordinador del Área Gerencial y Organizacional de Postgrados, Escuela de Economía, Administración y Negocios, Universidad Pontificia Bolivariana.

E-mail: lewis.quintero@upb.edu.co

Daniela Lotero Tapias

Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana. Actualmente Es desarrolladora de software en la multinacional World Fuel Services, donde además ayuda en la implementación y migración de los proyectos empresariales a metodologías ágiles, especialmente a Scrum. Sus principales áreas de interés investigativo se centran en el desarrollo web enfocado al front-end.

E-mail: daniela.lotero@upb.edu.co

Lewis Charles Quintero Beltrán. PhD¹
Daniela Lotero Tapias²

RESUMEN

En el presente artículo se presentan las generalidades de la implementación marcos de trabajo y metodologías ágiles para la gestión de proyectos. A partir de este estado del arte, se busca analizar la aplicabilidad de los mismos a proyectos de ingeniería eléctrica y electrónica por medio de casos de estudio generalizados para ambas áreas.

Palabras clave: APM, Gestión de Proyectos, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica, Metodologías Ágiles, Scrum.

ABSTRACT

The applicability of agile methodologies and agile frameworks will be analyzed in this paper for electrical and electronic engineering projects through case studies based on agile theory and state of art.

Palabras clave: Project, Management, Agile Methodologies, APM, Electrical Engineering, Electronic Engineering, Scrum.

INTRODUCCIÓN

La planeación, control y gestión de proyectos, representa uno de los retos más difíciles y a la vez enriquecedores de las empresas que desean desarrollar nuevos servicios,

productos o tecnologías. Este reto ha sido abordado y ampliamente discutido por medio de los métodos tradicionales de gestión de proyectos, los cuales pueden resultar rígidos o presentar poca coordinación entre miembros de un mismo equipo, haciendo que la tolerancia de estos métodos a cambios o imprevistos sea muy bajo, generando retrasos y sobrecostos. Es así como surge la inquietud de crear un enfoque más flexible, adaptable a las contingencias propias de los ciclos de vida de los proyectos.

Las metodologías o los movimientos ágiles, como también se les conoce, agrupan una serie de técnicas enfocadas en el trabajo iterativo, la retroalimentación continua y la producción constante de entregables, en comparación con la gestión de proyectos tradicional, la cual se enfoca en el desarrollo secuencial del proyecto, pasando por fases de evaluación y requerimientos, diseño, implementación y verificación de resultados. Debido a su naturaleza adaptable a cambios rápidos y frecuentes, las metodologías ágiles se han aplicado satisfactoriamente en el área de desarrollo de software por aproximadamente una década, en donde se ha logrado un aumento considerable en productividad, calidad y satisfacción del usuario final, entre otros beneficios.

El éxito del movimiento ágil ha desembocado en su implementación, diferentes niveles en proyectos de naturaleza con alcances muy diversos, lo cual lo consolida dentro de la gestión de proyectos, generando la inquietud de qué tan exitosos pueden ser en áreas con proyectos de menor flexibilidad, como son los de ingeniería eléctrica y electrónica, para lo cual deberían tenerse en cuenta

¹ Administración Gerencial, Mag. Administración, Esp. Gerencia Integral, Ingeniero de Productividad y Calidad. Docente investigador Grupo de Estudios Empresariales. Coordinador del Área Gerencial y Organizacional de Postgrados, Escuela de Economía, Administración y Negocios, Universidad Pontificia Bolivariana. Email: lewis.quintero@upb.edu.co

² Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana. Actualmente Es desarrolladora de software en la multinacional World Fuel Services, donde además ayuda en la implementación y migración de los proyectos empresariales a metodologías ágiles, especialmente a Scrum. Sus principales áreas de interés investigativo se centran en el desarrollo web enfocado al front-end. Email:daniela.lotero@upb.edu.co

elementos como las buenas prácticas de los métodos de gestión tradicionales ya usados en ingeniería, así como los puntos de común que estos métodos tradicionales pueden tener con las metodologías ágiles.

El análisis de los puntos anteriores, para verificar la aplicabilidad de las metodologías ágiles en la gestión de proyectos de ingeniería eléctrica y electrónica, es el objetivo de estudio de este artículo.

METODOLOGÍAS ÁGILES

Generalidades

Las metodologías ágiles fueron creadas específicamente para el desarrollo de software, teniendo como objetivo principal permitir a los equipos generar rápidamente software de calidad, enfocándose en la adaptación exitosa a los cambios que pudieran surgir a lo largo del proyecto. Es así como nace el llamado 'Manifiesto Ágil', un documento creado por un grupo de 17 importantes empresarios de la industria del software (Beck et al, 2001) que recopila la esencia de las metodologías ágiles, con el único propósito de ayudar a las organizaciones a asimilar estas nociones para ser aplicadas como métodos alternativos a la gestión de proyectos de software tradicionales. Los conceptos claves del 'Manifiesto Ágil' son:

La principal prioridad es la satisfacción del cliente mediante entregas de producto de gran valor en periodos cortos comprendidos entre 15 y 60 días.

Los cambios en los requerimientos y condiciones del proyecto son bienvenidos.

La motivación, el talento y el apoyo dentro del equipo de trabajo son fundamentales.

Potenciar la comunicación oral por encima de la escrita. La capacidad de producción de manera funcional es la actividad primordial medida de crecimiento. La filosofía expuesta en los cinco puntos anteriores, permite inferir ciertas características básicas que idealmente deben cumplir los proyectos gestionados con metodologías ágiles:

Incertidumbre: Los proyectos ideales para la aplicación de las metodologías ágiles poseen altos niveles de incertidumbre, lo cual puede afectar la planeación en el desarrollo del proyecto.

Los equipos pueden ser auto-organizados, no existen los roles especializados y los miembros del equipo tienen un alto grado de autonomía.

Fases o etapas de desarrollo superpuestas o poco definidas.

Necesidad de difusión y transferencia del conocimiento: Se requiere que los miembros del equipo tengan acceso e información de diferentes fases del proyecto e incluso de diferentes proyectos.

Las características mencionadas anteriormente, se enfocaban en la satisfacción del cliente y el bienestar de los participantes, haciendo de las metodologías ágiles una forma atractiva de gestión de proyectos, naciendo así el concepto conocido como APM (Agile Project Management).

METODOLOGÍAS ÁGILES VS METODOLOGÍAS TRADICIONALES

Las metodologías tradicionales de gestión de proyectos involucran fases o etapas de planeación y control, lo cual desemboca en una serie de tareas o requerimientos que son efectuados en orden secuencial, muchas veces cronológico. Las características anteriores requieren que una parte importante del proyecto sea planeado y conocido con anterioridad. Un buen ejemplo de un tipo de proyecto en el cual se cumplen estas condiciones es la construcción de un edificio, en el cual se debe conocer el diseño y el plan de construcción del edificio entero de antemano, pues esto permite conocer el alcance y las condiciones del proyecto con anticipación.

De acuerdo con lo anterior, los enfoques de las metodologías tradicionales asumen que todos los eventos que conciernen al proyecto son predecibles y que una vez cumplida o culminada una fase, no se tendrá la necesidad de reabrirla o revisarla (Hass, 2007), este modelo o enfoque es conocido como el Modelo Cascada, cuyo ciclo de vida generalizado se puede observar en la Figura 1.

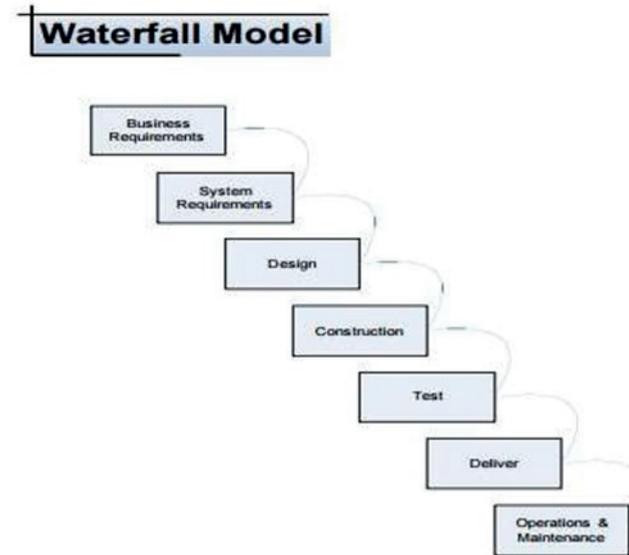


Figura 1. Ciclo de vida del Modelo Cascada para la gestión de proyectos. Fuente: Hass (2007).

Sin embargo, los procesos administrativos y los procesos actuales son más complejos de lo que solían ser en el pasado, lo cual se evidencia en la aparición de estructuras organizacionales complejas dentro de las empresas, las cuales incluyen contratistas, alianzas con proveedores, redes de clientes y cambios de la tradicional organización vertical a la organización horizontal. Todo esto, junto con la dificultad que tiene para los clientes y stakeholders de conocer todos los requerimientos de antemano en las etapas iniciales de un proyecto, hacen que el Modelo Cascada rara vez sea

implementado de manera secuencial. Es así como nos encontramos con un porcentaje alto de fracaso en la ejecución de proyectos, de acuerdo con un estudio liberado en el 2013 por el Grupo Standish, en el cual se puede ver que menos de la mitad de los proyectos iniciados son finalizados como “exitosos”. El resultado de dicho estudio puede observarse en la

Tabla1.

	2004	2006	2010	2012
Successful	29%	35%	32%	39%
Failed	18%	19%	24%	18%
Challenged	53%	46%	44%	41%

Tabla 1. Porcentaje de resolución de proyectos de acuerdo con el reporte CHAOS. Fuente: Grupo Standish (2013)

Siendo consecuentes con los datos observados en la tabla anterior, la Figura 3 expone los datos para la resolución de proyectos de tecnologías de información IT en los Estados Unidos, gerenciados bajo métodos tradicionales. Se observa así que un amplio porcentaje de los proyectos iniciados en este campo, bajo las condiciones mencionadas

anteriormente, fracasan o continúan y finalizan bajo estado de sobrecostos o sobretiempos (conocidos como challenged en inglés). Estas estadísticas presentan una enorme similitud con las observadas en la Tabla 1.

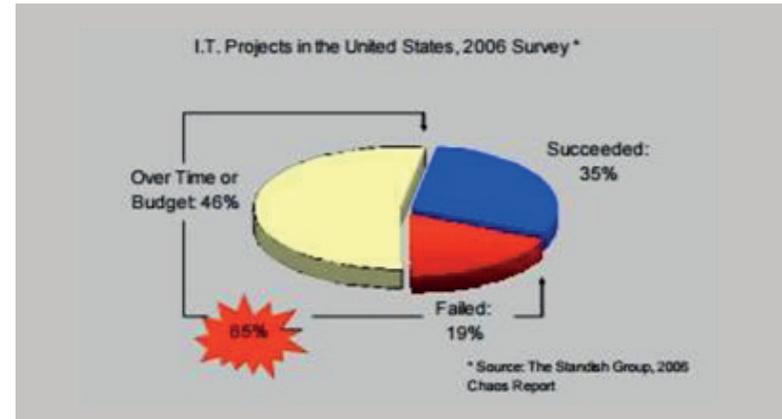


Figura 2. Resolución de proyectos de IT en Estados Unidos en el año 2006. Fuente: Hass (2007).

En contraste, para los proyectos de IT gerenciados por medio de metodologías ágiles, se observa una enorme diferencia en el porcentaje de proyectos exitosos y de proyectos finalizados con sobrecostos y sobretiempos (challenged) y una drástica disminución de los que culminaron en fracasos. Las estadísticas se observan en la Figura 3; donde se puede apreciar de manera clara y concisa los beneficios de la aplicación de las metodologías ágiles en la gestión de proyectos. Sin embargo, estas estadísticas están aplicadas

para el caso particular del desarrollo de software. Aún queda la incertidumbre de su efectividad y buenos resultados aplicados para otra clase de proyectos.

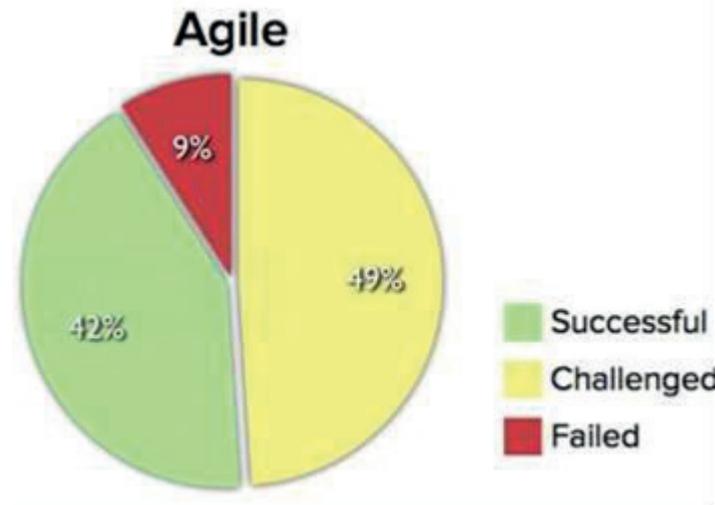


Figura 3. Resolución de proyectos gerenciados por medio de metodologías ágiles. Fuente: Standish (2012)

Metodologías ágiles aplicadas a la gestión de proyectos: APM

La gestión ágil de proyectos (en adelante APM) es un nuevo paradigma para gestionar proyectos de alto riesgo, con limitaciones de tiempo o que se orientan a la investigación y el desarrollo de nuevos productos (Rico, 2010). El enfoque

del APM combina conocimientos administrativos o propios del “negocio” (business, en inglés) particularmente del proyecto a ejecutar con el conocimiento técnico necesario para ejecutarlo, por medio de modelos, procesos y reglas específicas del campo del proyecto. El principal objetivo es minimizar la rigidez administrativa en los siguientes casos (Knut et al, 2006):

- Situaciones u obstáculos impredecibles o excepcionales.
- Requerimientos y resultados altamente variables.
- Tareas muy complejas.
- Procesos o tareas innovadoras y a largo plazo. (P.6)

Así mismo, se busca encaminar los procesos de adquisición de conocimientos para:

- Respaldar la toma de decisiones en conocimiento comprensivo de las tareas a efectuar.
- Conformidad con normas y regulaciones.
- Consistencia en las decisiones.
- Automatización de procesos.

Como se ha mencionado anteriormente, las metodologías ágiles, más que ser una serie de pasos a seguir,

corresponden a una filosofía, que afecta directamente la efectividad de la metodología, independiente del tipo de proyecto (Owen et al., 2006). Es así como se infiere que, para que un proyecto o empresa sea considerado “ágil”, debe estar estructurado para adaptarse rápidamente al cambio, viendo la mutabilidad del mismo como una oportunidad de agregar valor significativo al resultado final. Esta característica se convierte en un factor fundamental a la hora de enfrentarse a proyectos de alto riesgo y alto impacto, en los cuales el más mínimo cambio en una planeación definida y estructurada de antemano, sin lo que podríamos llamar un “plan B”, llevaría al fracaso del proyecto. Para resumir, el APM asume que los cambios, mejoras y características del proyecto se incorporarán a lo largo del ciclo de vida del mismo (ESI International, Inc., 2010). En la Figura 4 se muestra el ciclo de vida generalizado para un proyecto “ágil” o gestionado por medio de una metodología ágil (APM, 2015). Este llamado ciclo de vida no es más que una serie de prácticas que combinadas componen el corazón del APM.

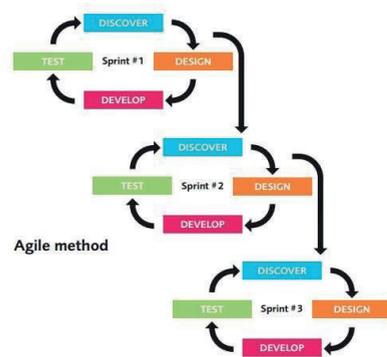


Figura 4. Fuente: APM (2015).

Pruebas. Una fase o tarea de un proyecto se define como ‘finalizada’ o ‘completa’ en términos de las pruebas que se realicen sobre ella. Sin la etapa de prueba es imposible determinar el estado de una tarea y por lo tanto muchas de las prácticas propias del APM, como las iteraciones o el diseño, que se basan en las medidas y resultados de las pruebas, resultan imposibles de efectuar.

Iteraciones. Mientras que la gestión de proyectos tradicional (o método cascada, como se definió anteriormente) constan frecuentemente de etapas que duran de semanas a meses, haciendo que la supervisión, retroalimentación y corrección del mismo sean más difíciles, el APM hace uso de iteraciones para dividir proyectos grandes en períodos de tiempo cortos, definidos y repetidos (ver Figura 4). Esto permite que la planeación de cambios sea programada después de unas pocas iteraciones.

Diseño simple. El APM predica que la complejidad innecesaria en los proyectos implica costos innecesarios, introduciendo mayores márgenes de error, reduciendo el progreso y complicando los procesos de prueba, todo esto teniendo en cuenta que la solución más fácil no siempre corresponde a la solución más simple. Es entonces adecuado encontrar un equilibrio entre simplicidad y calidad, esforzándose por encontrar la solución más elegante pero menos compleja de un problema.

Dentro de este proceso del APM se puede incluir una característica básica del mismo, en el cual se busca planear, diseñar e implementar la menor cantidad de funcionalidades

o características del proyecto, cuidando que las implementadas agreguen alto valor. Esta característica se alinea perfectamente con la filosofía del diseño simple, recortando complejidad, costos en procesos y desarrollos innecesarios.

Desarrollo enfocado en características. Se busca encaminar el progreso del proyecto en características por las cuales los clientes o stakeholders estén dispuestos a pagar. Esta orientación permite una retroalimentación directa del cliente, obteniendo explícitamente las características de valor y permitiendo el desarrollo de cada una de ellas en las iteraciones del proyecto. Este flujo de trabajo admite cambios de prioridades en cada iteración, así como cambios en los requerimientos del proyecto, los cuales deberían tener un bajo impacto en el progreso del mismo, si se ha realizado un trabajo iterativo correcto. Enfocarse en la reevaluación de las prioridades asegura que las características que agregan más valor al cliente sean completadas primero.

Manejo de riesgo y alcance. El manejo de riesgo en el APM se reduce a intentar completar las fases más arriesgadas primero. El alcance del proyecto es ajustado de acuerdo a los resultados de las pruebas de cada etapa de iteración.

Fases de un proyecto ágil

Un proyecto ágil se compone de las siguientes fases: Estudio de factibilidad, planeación-implementación, entrega y cierre. Estas fases se pueden encontrar también en proyectos no ágiles, teniendo en cuenta que la diferencia está en cómo son

ejecutadas (Yllén, 2015).

Estudio de factibilidad. El estudio de factibilidad en un proyecto ágil que se compone de 3 pasos importantes que se resumen de la siguiente manera: El primero consiste en hacer un análisis de stakeholders, que permitirá conocer la organización de ambas partes en el proyecto y así saber qué personas y en qué organización puede responder a qué necesidades del mismo. Esta fase se centra en la comunicación dentro de las partes del proyecto, en lugar de la documentación de los resultados del análisis, lo cual hace parte del segundo paso del estudio de factibilidad, donde se redacta un documento de la visión del proyecto. Dicha visión debe incluir las motivaciones y argumentos del proyecto, así como el alcance, el marco o período de tiempo en el cual se ejecutará y el presupuesto. El documento debe ser corto y específico, no demasiado elaborado ni detallado en exceso; esto debido a que se trata de un esbozo o diagrama, lo suficientemente abierto para que en el futuro del proyecto y durante la implementación del mismo se permita encontrar mejores soluciones a los problemas y tareas.

La tercera parte se enfoca en la comunicación dentro de los equipos de trabajo, planteando la necesidad de crear planes de comunicación efectiva en las etapas tempranas del proyecto, siguiendo la filosofía de las metodologías ágiles, en las cuales prevalece la comunicación sobre la documentación. Un buen plan de comunicación dentro del equipo puede variar dependiendo de las necesidades del proyecto; las reuniones y la comunicación cara a cara se

recomiendan a la hora de aplicar metodologías ágiles.

Planeación. La principal diferencia entre la planeación de las metodologías ágiles y los métodos tradicionales está en la cantidad de tiempo anticipado que se planea. Como ya se ha mencionado anteriormente, las metodologías ágiles fueron desarrolladas teniendo en cuenta lo impredecible de los proyectos, por lo que en lugar de planear con mucha anticipación, las metodologías ágiles se enfocan en diferentes niveles de planeación, a medida que se vuelven más detalladas cubren una cantidad menor de tiempo; tal como se enumera a continuación:

1. Visión: Se refiere a la misma visión que el estudio de factibilidad. Es el plan más general.
2. Mapa: Se refiere al resultado de dividir el proyecto principal en partes más pequeñas y el orden en el cual se debe ejecutarlas.
3. Plan de entregas: Se refiere a la planeación de los límites de tiempo exactos y fechas específicas de entrega de cada una de las fases o partes del proyecto. También deben incluirse las fechas y tiempo de todos los eventos importantes.
4. Plan de ciclo: El plan de ciclo es muy parecido al plan de entregas debido a que deben ingresarse las fechas y duraciones exactas, sin embargo, el plan de ciclo incluye solo el tiempo entre fases o partes del proyecto, no la duración entera del mismo. Es necesario que cada uno

de los ciclos tenga un objetivo o una entrega clara que agregue valor al proyecto. Los ciclos descritos en este plan no deben durar menos de una semana ni más de seis, siendo considerado el tiempo ideal 30 días.

5. Plan diario: Como su nombre lo indica, es un plan que traza o guía lo que se hará durante el día y quién será responsable de cada tarea. (Yllén, 2015)

Implementación. La implementación de los proyectos ágiles se constituye de diversos componentes desde el área de la gestión de proyectos, los cuales no son más que herramientas que apoyan los procesos y tareas. Una de estas herramientas en la gestión ágil son los tableros, cuyo propósito es visualizar y mantener un seguimiento del estado de las diferentes tareas del proyecto, reportándolas como no iniciadas, iniciadas o finalizadas. Todas las tareas del proyecto empiezan como no iniciadas y son cambiadas por la persona responsable a iniciadas en el momento adecuado a medida que avanza el proyecto. Este método es muy eficaz para mantener la comunicación en el equipo, dado que todos los miembros conocen el estado de cada tarea en algún punto de tiempo y se pueden reportar problemas en las tareas con mayor facilidad. Los tableros también permiten reportar cuando una tarea fue finalizada, pero requieren de etapas de revisión o pruebas por parte de otras personas del equipo (Yllén, 2015).

Otro componente común durante de la implementación del proyecto son las reuniones diarias, cuyo objetivo no es reportar al director del proyecto si se cumplieron los objetivos

planteados o si las tareas se ejecutaron de manera eficiente, sino actualizar al equipo del estado del trabajo de los demás, enfocándose en los problemas y en cómo los miembros del equipo pueden apoyarse unos a otros. También se incluye la reunión al final de cada ciclo del proyecto, la cual cumple la función de retroalimentación y revisión, en donde las preguntas principales son ¿Qué se hizo bien? ¿Qué puede mejorarse?

Entrega y cierre. La fase de entrega y cierre de un proyecto ágil no difiere demasiado de la entrega y cierres de otros tipos de gestión de proyectos. Sin embargo, es posible que en el caso de los proyectos ágiles la entrega al cliente sea más fácil que en otro tipo de metodologías, debido a la constante realimentación entre el cliente, el equipo encargado del proyecto y los miembros del mismo, lo cual hace que el cierre y la entrega sean un proceso más sencillo.

Lista de objetivos/requisitos priorizada. También conocida como product backlog en inglés, corresponde a las expectativas del cliente con respecto a los resultados o entregables del proyecto. El objetivo de este documento es servir en la planeación del proyecto, no es una lista de tareas por cumplir. Es desarrollada en conjunto por el cliente y los miembros del equipo que realizarán la implementación; el cliente entrega los requisitos de alto nivel del producto o proyecto por medio de historias de usuario y el equipo implementador presenta la solución y los entregables para los requerimientos planteados. Es así como el cliente debe

aprobar la solución y los entregables antes de iniciar la implementación.

Esta lista no debe estar necesariamente completa, pero sí es muy importante que los requerimientos más importantes estén bien definidos y explicados, esto facilita el inicio de su desarrollo e implementación.

Requerimientos de ciclo. Conocido como cycle backlog, también es una lista de requerimientos y entregables, pero solo abarca el periodo de tiempo que comprende un ciclo del proyecto. Los requerimientos de cada ciclo son escogidos por medio de una revisión de parte del cliente, el cual debe priorizar qué requerimientos deben de ser completado en el siguiente ciclo. Sin embargo, el equipo implementador también debe involucrarse en este proceso, ya que a veces es mejor para ellos priorizar otras tareas a las propuestas por el cliente, lo cual podría beneficiar el proyecto a largo plazo (Yllén, 2015). Todas las partes del proyecto deben estar de acuerdo con las tareas a priorizar, para que luego el equipo implementador se encargue de dividir cada requerimiento en tareas reales y asignar cada tarea a una persona.

Composición de los equipos ágiles

El equipo ágil, tal como su nombre lo indica, es el equipo que implementa el APM para la gestión, planeación y desarrollo del proyecto de interés. Tal como en la gestión tradicional, los equipos ágiles también cuentan con diferentes roles, los cuales se expanden para incluir a los stakeholders y miembros con más experiencia en gestión ágil, los cuales

sirven de consejeros para guiar la correcta implementación de la metodología (Layton, 2013).

A continuación, se enlistan y explican los roles en un equipo ágil, haciendo énfasis en la función que cumplen dentro del proyecto.

Equipo de desarrollo. Son las personas que crean el producto/realizan toda la implementación del proyecto. Toda persona que realiza trabajo de campo en el proyecto pertenece al equipo de desarrollo. Esto puede incluir programadores, evaluadores, diseñadores, escritores, etc.

Dueño de producto. Es la persona encargada de servir de facilitador entre los clientes, los stakeholders y el equipo de desarrollo. El dueño de producto es un experto en conocer las necesidades del cliente y los requerimientos del proyecto, siendo el encargado de resolver todas las dudas en ese aspecto. El dueño o dueños de producto son los encargados de decidir qué y qué no el proyecto, teniendo en cuenta las necesidades del cliente.

Facilitador. Es un miembro del equipo que se encarga de apoyar al equipo de desarrollo, solucionando obstáculos organizacionales y de gestión y asegurándose que todos los procesos dentro del proyecto se mantengan dentro de los principios ágiles. El facilitador se diferencia del gerente de proyecto en que el equipo desarrollo no trabaja para él, el facilitador trabaja para el equipo, asegura que el equipo se encuentre en óptimas condiciones, funcionando de la mejor manera.

Stakeholder: Los stakeholders son todos los interesados en el proyecto o que se ven afectados por los resultados del mismo. Pueden incluir personas de diferentes departamentos, incluso de diferentes empresas. Los stakeholders pueden dar realimentación directa del desarrollo del proyecto, durante las iteraciones y ciclos y al final del mismo.

Tipos de Modelos APM

Así como existen distintos métodos tradicionales de gestión de proyectos, se han desarrollado diversos métodos para aplicar los principios propuestos por el APM, cada uno orientado en una fase o en una combinación de fases específica para obtener los resultados deseados de acuerdo al tipo de proyecto.

Scrum: Fue una de las primeras metodologías ágiles que surgieron y es actualmente una de las más usadas. Está compuesta de manera general por 4 etapas: planeación de sprints, sesiones de revisión de sprint y sesiones retrospectivas de sprint.

El sprint, nombre con el cual es conocido en inglés, o Ejecución de Iteración, es el período de tiempo en el cual se realiza el trabajo o se implementa el proyecto. Se recomienda que la duración de los sprints varíe entre dos semanas y un mes y que sea uniforme (es decir, la misma) para todos los sprints que componen el proyecto. Cada uno de los sprints debe tener como objetivo la finalización de un potencial entregable del proyecto, a la vez que está prohibido cambiar

los requerimientos y objetivos del sprint una vez iniciado el mismo. Potenciales cambios en los requerimientos y los alcances del proyecto que se puedan presentar a lo largo del sprint deben ser apropiadamente documentados para su posterior revisión. La corta duración de los sprints y el hecho de que las tareas prioritarias se ejecuten primero permiten que los cambios encontrados no sean riesgosos para el desarrollo del proyecto.

Otra versión del Scrum divide los proyectos en dos grandes etapas: La planeación inicial y el ciclo de sprints. La planeación inicial se compone de subfases en las cuales el proyecto es iniciado, se determina el alcance y es organizado. El ciclo de sprints se compone de las otras cuatro etapas mencionadas anteriormente (Rico, 2010).

Gestión XP: La Gestión Extrema de Proyectos o Extreme Project Management (XPM) es una metodología ágil para todo tipo de proyectos. Se diseñó teniendo en cuenta la teoría del caos y los sistemas adaptativos complejos (Rico, 2010) y es ideal para proyectos complejos que no cuentan con un punto u objetivo final claramente definido. El XPM se compone de cinco etapas: visualizar, especular, innovar, re-evaluar y diseminar, las cuales responden a preguntas básicas de la planeación, desarrollo, implementación y cierre como lo son: ¿Qué y para quién? ¿Cómo y qué se necesita para conseguirlo? Luego de revisar los puntos anteriores, se pregunta ¿Sigue siendo lo planteado inicialmente lo adecuado para lograr el resultado final esperado? (DeCarlo, 2004).

Así, se tiene que para el final de la fase de visualización debe extraerse una perspectiva tosca del proyecto, la cual madurará y se convertirá en la planeación del proyecto durante la etapa especulativa, mientras que durante la etapa de innovación se busca conseguir la implementación del plan por medio del desarrollo iterativo de una solución. Finalmente, el estado del proyecto es juzgado durante la fase de reevaluación y es entregado al cliente en la fase diseminativa si los resultados son positivos (Rico, 2010).

Gestión Ágil I. La gestión ágil I fue influenciada por el modelo Scrum y se divide en tres fases: Fomentar el acuerdo y la cooperación, fomentar la auto organización y el aprendizaje/adaptación. La primera fase consiste en la formación de equipos orgánicos y la formación de una visión general del proyecto o producto. La segunda, consiste en la instauración de reglas y un ambiente de intercambio libre de información, que permita el balance entre flexibilidad y disciplina para los miembros del equipo. La última fase se enfoca en el aprendizaje y la adaptación a niveles organizacionales y de desarrollo (Rico, 2010).

Gestión Ágil II. El modelo de Gestión Ágil II se fundamenta de 4 ideas: Establecer una visión de proyecto o producto, planear el desarrollo para varios lanzamientos (no solo uno), utilizar la filosofía ágil para el desarrollo del producto y cerrar administrativamente el proyecto. El modelo se compone de dos fases: el ciclo de innovación, constituido por los procesos de diseño, creación y desarrollo, y el ciclo de lanzamiento iterativo, constituido por el planeamiento técnico del producto o proyecto, las fases de prueba y las actividades

relacionadas con la implementación (Rico, 2010).

El Enfoque Híbrido. Como su nombre lo indica, es una mezcla entre las metodologías ágiles y las metodologías tradicionales (que como se mencionó anteriormente, se generalizan por medio del método o modelo 'cascada'). El enfoque híbrido incluye principios y elementos de ambas metodologías y en él se divide el proyecto en varios componentes más manejable por disciplina (o el área de trabajo) o por funcionalidad. Así, lo que se busca es aplicar el modelo cascada al inicio y al final del proyecto, mientras que las metodologías ágiles son usadas en las porciones o componentes separadas del proyecto, poniendo especial énfasis en su uso durante la fase de diseño (Glew, 2014), el modelo cascada se enfoca en la parte de los requerimientos y especificaciones de la implementación y el desarrollo para después encargarse de la fase de pruebas y cierre (Robins, 2016).

La ventaja del enfoque híbrido es que todas las dependencias (requerimientos) y la definición de entregables y objetivos del proyecto son delimitadas por medio del modelo cascada y las metodologías ágiles son usadas para acelerar el proceso de desarrollo de los componentes del proyecto y de sus subcomponentes (Robins, 2016) por medio de las iteraciones, para las cuales aplican todas las fases, procesos y características que se han mencionado a lo largo del artículo.

Metodologías Ágiles en proyectos de ingeniería

A medida que las metodologías ágiles han ganado fuerza en el área de la ingeniería de software, se ha cuestionado la efectividad que este tipo de gestión de proyectos podría tener en otros campos de la ingeniería que por su misma naturaleza deben planear y diseñar proyectos a largo plazo, como son la ingeniería civil y la mecánica. A continuación, se presenta una lista de algunas áreas de la ingeniería que no cumplen las características de los proyectos idóneos para aplicar metodologías ágiles, entre algunas de estas características están la inhabilidad (o ineffectividad) de establecer metas a corto plazo que produzcan resultados efectivos (Glew, 2014):

- Ingeniería Mecánica
 - Consideraciones térmicas.
 - Análisis de vibraciones.
 - Diseño plástico.
 - Consideraciones de peso y tamaño.
- Diseño Industrial
 - Diseño de la forma física.
 - Usabilidad del diseño.
- Ingeniería Eléctrica
 - Diseño análogo.
 - Diseño digital.
 - Codificación ASIC.
- Ingeniería de Software

- Desarrollo de plataformas para PC o tablet.
- Codificación de firmware.
- Procesamiento digital de señales.
- Microcontroladores.

Existen también otros obstáculos para la implementación de metodologías ágiles en diversas ramas de la ingeniería, como son las ‘diferencias culturales’ entre empresas, lo cual sucede cuando una de ellas o proveedores involucrados en un proyecto ágil no sigue ninguna metodología ágil, o su forma de gestión de proyectos es tradicional o “cascada”. Esto representa un reto para el equipo ágil, deben encontrar la forma más eficiente de adaptarse al ritmo de trabajo y planeación de su contraparte, además de resultar un argumento sólido para evitar que las empresas empiecen a adaptar las metodologías ágiles como su forma de gestión principal (Yllén, 2015).

Otro factor relevante a la hora de realizar el cambio a las metodologías ágiles es el costo de los cambios, lo cual se refiere al costo monetario o de presupuesto que puede tener un cambio en requerimientos o implementación en un proyecto determinado (Yllén, 2015). Un buen ejemplo de esto es la diferencia en costos que podría haber si se requiere un cambio en el diseño de una torre de transmisión eléctrica luego de ya haberse construido comparado con un cambio en una funcionalidad de un software ya implementado.

Casos de estudio

A continuación, se plantean los casos de estudio en los

cuales se analiza la viabilidad del uso de metodologías ágiles en proyectos de ingeniería eléctrica y electrónica. Se escogió un proyecto por rama de la ingeniería, intentando que cada uno de ellos fuera lo más genérico y representativo posible, lo cual permite un análisis válido que abarca puntos comunes en diversos proyectos de estos tipos. Así mismo, se tomó un proyecto de desarrollo de software como caso comparativo, con el cual se busca observar las diferencias en los tipos de equipos, los tiempos de las iteraciones y las características de los proyectos.

Caso de estudio 1: Migración de metodologías tradicionales a Scrum en un proyecto de desarrollo de software.

Se tomó como caso de estudio comparativo la situación expuesta en el artículo Adobe Premier Pro Scrum Adoption (Green, 2008), en el cual se hace un análisis de la implementación del modelo ágil Scrum en un proyecto cuya gestión había sido hecha hasta ese momento con métodos tradicionales. El caso de estudio es muy interesante, ya que abarca algunos de los retos mencionados hasta ahora y que pueden representar obstáculos a la hora de implementar una migración de otros modelos de gestión de proyectos a los modelos ágiles, como lo son la inercia inicial, dudas en la composición del equipo, el trabajo con equipos no ágiles, etc.

Descripción general del caso de estudio. Adobe Systems Incorporated es una de las empresas de software de edición de páginas web, vídeo e imagen más importante que existen. Son los desarrolladores encargados en software como Adobe InDesign, los desarrolladores del formato PDF, que actualmente es un estándar en el intercambio de documentos

digitales, entre otros. Esta es la empresa que desarrolló Adobe Premiere Pro, el software sobre el cual gira el presente caso de estudio. Se trata de una aplicación de edición de vídeo en tiempo real que compite directamente con otras aplicaciones de empresas tan importantes en el mundo de la tecnología como Apple y Avid. El proyecto, inicialmente estaba gestionado por medio del modelo cascada que se ha descrito y estudiado en este artículo con anterioridad, con efectos nefastos, por ejemplo, un tiempo de desarrollo total de dos años, del cual el 25% fue utilizado para la reparación de errores o bugs en el sistema, lo cual generó una alta tensión en el equipo de trabajo, para que al final del proyecto, el producto fuera de una calidad inferior a la deseada. Así fue como se decidió migrar la gestión del proyecto a metodologías ágiles con el fin de mejorar la calidad del producto, la velocidad de comercialización y el nivel de compromiso del equipo (Green, 2008).

Metodología usada. El equipo de desarrollo decidió usar Scrum, pues algunos equipos asignados a otros proyectos dentro de la misma compañía lo utilizaron alcanzando altos niveles de calidad y estabilidad en los productos finales en un tiempo récord.

El equipo pasó los dos días iniciales del proyecto capacitándose en Scrum básico, luego se comunicaron los dos objetivos principales del proyecto, enfocados en el desempeño y estabilidad. En esta etapa inicial se establecieron algunos de los elementos principales en Scrum, los cuales fueron descritos anteriormente en este artículo, como el Dueño de Producto y el Facilitador, así

mismo se escogió la duración de los sprints o ejecución de iteraciones de cuatro semanas. Se acordó que el Dueño de Producto tendría responsabilidades como revisar las peticiones de nuevas características, dividir las tareas largas en otras más pequeñas y en realizar la Lista de Objetivos/Requisitos Priorizada. Todas las actividades anteriores debían recibir la aprobación final del Dueño de Producto, sin embargo, se fomentó la colaboración de ingenieros de la rama del desarrollo, calidad, experiencia de usuario y del Scrum Master para mantener la Lista de Objetivos Priorizada refinada, actualizada y lista para cada uno de los sprints.

Al iniciar el proyecto formalmente usando Scrum se evidenciaron los obstáculos que representaría el cambio de metodología, los cuales se exponen a continuación:

Comunicación con miembros remotos del equipo.

Como en la mayoría de los proyectos de tecnología en general, el equipo de este caso de estudio tenía miembros que se encontraban por fuera de la sede principal de Adobe. Algunos de ellos trabajaban en otras sedes de Adobe, mientras que otros trabajaban remotos, desde sus hogares, en diferentes puntos del planeta.

Los sub-equipos dentro del proyecto fueron creados basados en el conjunto de personalidades, habilidades y conocimientos de los miembros, ignorando la ubicación. Esto complicó la comunicación, pues a los miembros remotos de los sub-equipos se les dificultaba la participación activa en las reuniones y en los diversos métodos de comunicación

usados en el equipo. Se observó que los miembros “locales” tenían mucha más participación que los remotos, debido a pérdidas en la comunicación por medios electrónicos (videoconferencias, llamadas) como el lenguaje corporal; además, los miembros locales del equipo a menudo olvidaban incluir e incitar a los remotos a la participación. Este problema se resolvió por medio de una herramienta o software colaborativo que les permitía a todos, compartir un mismo escritorio virtual al mismo tiempo en el que estaban en una videoconferencia que incluía una sesión de chat. Todos los miembros del equipo debían conectarse a esta herramienta, sin importar si eran miembros locales o remotos, lo cual permitió que se encontraran al mismo nivel comunicativo.

División de los elementos de la Lista de Objetivos Priorizada en tareas pequeñas y valiosas. Siendo este un proyecto de desarrollo de software, es (o debería de ser) fácil la descomposición de problemas en tareas más pequeñas, “verticales” o independientes, las cuales se efectuarán o completarán dentro de la duración de un sprint. Sin embargo, esto puede resultar un cambio de paradigma difícil para desarrolladores o ingenieros acostumbrados y entrenados a trabajar en tareas “horizontales”, lo cual implica que el proyecto se descompone en capas horizontales y se va construyendo el resultado final por capa, sin mezclar el desarrollo de las capas entre ellas. Una de las principales diferencias entre el desarrollo vertical y el horizontal radica en que el desarrollo vertical se enfoca en que las tareas completadas son funcionales y “probables” por parte del usuario, mientras que en el desarrollo horizontal las capas o

divisiones pueden ser altamente dependientes de otras para permitir una fase de pruebas por parte del usuario. En el caso de estudio en particular, la transición de un paradigma a otro no fue fácil, por lo cual tuvo que asegurarse el apoyo de desarrolladores e ingenieros con mayor experiencia en el desarrollo de tareas verticales.

Trabajo con equipos no ágiles. Debido a que el software desarrollado en el caso de estudio (Adobe Premiere Pro) hace parte es una suite de aplicaciones fuertemente acopladas las unas de las otras, compartiendo código, implementación y por lo tanto funcionalidades, el equipo Scrum se vio obligado a trabajar directamente con los equipos de estas otras aplicaciones, algunos de los cuales aún trabajaban con metodologías de desarrollo tradicionales. En estos casos, en los cuales diferentes productos comparten dependencias entre sí, el tiempo en el cual la serie de productos está lista para salir al mercado depende del producto con el tiempo de desarrollo más lento. En este caso de estudio en particular, los miembros del equipo Scrum decidieron terminar en el tiempo estimado del proyecto según la metodología ágil todos los componentes que estaban bajo su directa responsabilidad e influenciar a los equipos de estos componentes compartidos, lo cual generó una reacción en cascada y una migración de los equipos no ágiles a estas metodologías.

Resultados. La migración a la metodología Scrum llevó a una mejora importante en la calidad del producto, esto se observó gracias al registro de defectos en el software o bugs que mantuvo el equipo durante la duración del proyecto,

comparado directamente con los bugs encontrados en versiones anteriores del mismo software, cuyos proyectos fueron gestionados por medio de metodologías tradicionales. Se encontró así que el proyecto gestionado por medio de Scrum presentó 43% menos defectos, lo cual es una mejora importante con respecto a proyectos pasados (Green, 2008). Así mismo, se vio una mejora en el ambiente del equipo, reduciendo el estrés en los miembros, lo cual se debió a un mejor manejo del tiempo en el proyecto, cumplimiento de metas dentro de los sprints determinados y, en general, debido a una mejor gestión dentro del proyecto. Se realizó una encuesta dentro del equipo de trabajo en la cual se preguntaba por la aceptación personal e individual de la adopción de las metodologías ágiles en diferentes puntos del proyecto, cuyo resultado evidenció que al finalizar, el 80% de los miembros del equipo aprobaban el uso de Scrum y la percepción del equipo concordaba con el hecho comprobado estadísticamente de la mejora en la calidad del producto (Green, 2008), así mismo, la mayoría de los miembros percibían que la comunicación entre ellos y con los de otros equipo que había mejorado sustancialmente (Green, 2008). Finalmente y luego de realizar una serie de pruebas de mercadeo comparativas con respecto a sus competidores, se encontró que el software Adobe Premiere Pro se encontraba solo 6 puntos en opinión de usuario final, por debajo del líder del mercado en el momento, lo cual correspondió a un aumento de 14 puntos con respecto a la versión anterior de la aplicación (Green, 2008).

Conclusión del caso de estudio. Se observó, dentro de la descripción de todo el proceso de migración de un equipo de

trabajo a metodologías ágiles, que la transición puede ser compleja, especialmente en equipos de trabajo grandes o en proyectos en los cuales el entregable principal o resultado final tiene un alcance amplio o está directamente relacionado con otros proyectos (dependencias). Estas condiciones dentro del proyecto llevaron a que el equipo total de trabajo fuera dividido en equipos más pequeños, cada uno de los cuales eran relativamente independiente de los otros y tiene sus propias tareas. Esta es una reacción orgánica en el uso de las metodologías ágiles, en las cuales la implementación de equipos pequeños es valiosa para la efectividad de procesos rápidos, como iteraciones, reuniones y división de tareas.

Se observó también que la comunicación entre los miembros del equipo fue tratada como una prioridad, especialmente en el caso de aquellos que se encontraban físicamente alejados del resto. Debido a que los sub-equipos de trabajo fueron escogidos para complementarse en términos de personalidad, conocimientos y habilidades técnicas, la comunicación entre ellos es fundamental para el buen desarrollo técnico del proyecto, el cumplimiento de las metas y tiempos de cada sprint o iteración. Además de todos los puntos anteriores, se observó que el apoyo de miembros más experimentados en metodologías ágiles y de otros equipos que ya habían hecho la transición de una metodología a otra, lo que resultó fundamental para los resultados obtenidos. Sin la guía constante de los expertos en la materia, muy probablemente la percepción de los miembros de los diferentes equipos de trabajo con respecto a la metodología no hubiera sido tan positiva, pues estaban entrando en un

campo nuevo, donde tenían poca experiencia, con un marco de trabajo ante el cual no sabían muy bien cómo implementar sus conocimientos técnicos.

Teniendo en cuenta las estadísticas presentadas por Green (2008), acerca de la mejora en la calidad del producto y considerando las percepciones positivas de los equipos de trabajo con respecto a la migración a Scrum y la drástica mejora en la percepción del usuario final, puede concluirse que la migración al modelo ágil Scrum fue un éxito, ya que cumplió con los objetivos de mejorar la calidad entregada al usuario final y contribuir con el bienestar general de todos los involucrados en el proyecto.

Caso de estudio 2: Scrum en el desarrollo y producción de circuitos integrados. En ese caso se aplica y analiza los conceptos de metodologías ágiles expuestos anteriormente, dentro de un proyecto característico de ingeniería electrónica, que en este caso será la producción y desarrollo de circuitos integrados.

El proceso moderno de diseño de los circuitos integrados se conoce como system-on-a-chip o SoC y en rasgos generales se explica cómo el proceso de diseño y construcción de sistemas CMOS que se componen de hardware y software, es decir, circuitos integrados que tienen bloques digitales implementados por software, así como los bloques convencionales físicos (memoria, núcleos procesadores, etc.) Por otro lado, la fase de implementación del diseño se compone actualmente de tres grandes etapas: El proceso pre-silicio, el proceso post silicio y la depuración (Kularatna,

2008). La fase pre-silicio se refiere a la etapa de la implementación en la cual se toma un modelo computarizado o de software del dispositivo de interés y se prueba en un ambiente completamente virtual, con el uso de un software de simulación, emulación y verificación. El principal objetivo de la validación pre-silicio es establecer si el diseño cumple con las especificaciones requeridas y con las intenciones del diseño (Wagner et al, 2011). La validación pre-silicio también es conocida como validación en tiempo de diseño, debido a que se lleva a cabo antes que ninguna implementación física. Lo natural es que la validación de cada bloque del CI se implemente de forma individual, para luego validar el proceso completo. La validación, en esta etapa, conlleva una descripción en lenguaje natural de las especificaciones y del comportamiento deseado de cada bloque, así como una descripción de cómo el procesador o chip debe interactuar con el resto del sistema. Esto incluye protocolos de comunicación, instrucciones soportadas, interrupciones, etc. (Wagner et al, 2011). En esta etapa también se incluyen validaciones y simulaciones de la lógica de cada componente, dividiéndolo en su lógica matemática fundamental y corriendo una serie de entradas o programas y contrastando contra el resultado deseado y el obtenido.

La validación post-silicio, se debe iniciar cuando un primer prototipo del diseño está disponible, lo cual permite probar una gran cantidad de propiedades del dispositivo que no pueden ser validadas con modelos del diseño, por ejemplo, la región operacional del dispositivo en términos de temperatura, voltaje y frecuencia. Estas regiones operacionales no pueden conocerse hasta la implementación

física del diseño y debe contrastarse con lo pedido en las especificaciones, que a su vez es definido por el área del mercado al cual se destinará un producto (no es lo mismo un dispositivo diseñado para un teléfono celular que para un servidor informático). La etapa post-silicio también se utiliza para hallar posibles defectos causados por la manufactura del dispositivo, así como asegurarse que los prototipos se mantengan dentro de los requerimientos, especialmente en términos de velocidad y rendimiento. También se comprueba la compatibilidad del dispositivo en una cantidad de plataformas, sistemas operativos y aplicaciones diversas (Wagner et al, 2011). Se escogió este caso en particular, pues se consideró que un proyecto de este tipo cumple con las características básicas de los proyectos idóneos para la implementación de las metodologías ágiles, los cuales se mencionaron anteriormente y se recuerdan a continuación:

Incertidumbre. La producción de dispositivos electrónicos en general y de los circuitos electrónicos en particular pueden considerarse como proyectos con un alto nivel de incertidumbre, debido a que durante la fase de diseño y más adelante en la fase de prototipado los resultados y el funcionamiento del circuito pueden no ser los esperados, generando así la necesidad de constantes revisiones en las etapas de diseño e implementación que pueden encajar perfectamente en las iteraciones propuestas por el APM. Los equipos pueden ser auto-organizados, no existen los roles especializados y los miembros del equipo tienen un alto grado de autonomía: La producción de circuitos integrados es un proceso arduo que requiere de muchas ramas del conocimiento y, por lo tanto, una gran cantidad de personas

con diversos conocimientos (muchas veces especializados) se ven involucradas en él. Sin embargo, este gran equipo de trabajo puede ser dividido en grupos más pequeños, de acuerdo al área de experticia. Dichos subgrupos cumplirían con la condición de no ser demasiado especializados dentro de su área de desempeño.

Fases o etapas de desarrollo superpuestas o poco definidas. Tal como se mencionó anteriormente, la posibilidad de que la implementación del diseño de un circuito integrado, independiente de su función y/o composición, no cumpla con alguno de los requerimientos iniciales del producto, crea una situación muy interesante en la cual las fases de diseño, implementación y prueba puede repetirse un sin número de veces, una después de la otra, lo cual es el perfecto ejemplo de etapas o fases superpuestas, pues muchas veces la etapa de diseño se mezclará con la implementación y las pruebas, para verificar que el producto se encuentra encaminado en la dirección correcta.

Necesidad de difusión y transferencia del conocimiento. Se requiere que los miembros del equipo tengan acceso e información de diferentes fases del proyecto e incluso de diferentes proyectos. La amplia envergadura en términos de áreas del conocimiento aplicables para uno de ellos o en desarrollo de producto de este tipo, como lo son conocimientos en química y física de materiales, dispositivos de estado sólido, diseño de circuitos integrados, uso de software para el diseño de circuitos, conocimientos prácticos en la fabricación de dichos circuitos, entre otros, hacen que la comunicación entre los diferentes miembros de los

sub-equipos sea fundamental para la correcta finalización del proyecto; este es uno de los puntos fuertes de las metodologías ágiles.

A lo largo del desarrollo de la teoría del APM en el presente artículo, se ha podido inferir que el APM es altamente aplicable y recomendado a los proyectos en los cuales se desarrolla un producto. Debido a sus características enfocadas en el cliente, la alta calidad y la rapidez a la hora de añadir valor a las entregas del proyecto. El desarrollo de circuitos electrónicos, sobre todo si se trata de un proyecto demandado por un cliente, como podría ser el caso para compañías como Intel, es un caso de estudio perfectamente viable y real para analizar las repercusiones de las metodologías ágiles en ramas ajenas al desarrollo de software. Los objetivos buscados en el presente caso de estudio y en el cual se basarán las subsecuentes secciones son: La composición de los equipos ágiles, la creación de un rápido esquema de trabajo o planeación de iteraciones para las diferentes fases del proyecto, cómo se podría realizar la división de “vertical” de tareas en casos como este y los posibles inconvenientes que puede presentar el proceso.

Para facilitar la implementación ágil, se escogió Scrum como metodología ágil, esto debido a que es la más usada, lo cual beneficia a las empresas y proyectos que apenas empiezan a migrar a metodologías ágiles en términos de documentación, información y capacitación, además es una metodología que permite la escalabilidad de los proyectos, lo cual se considera necesario en grandes empresas o cuando hay muchos equipos de trabajo, esto es pertinente en el

presente caso, dado que como ya se mencionó antes, el desarrollo de circuitos integrados es un proceso complejo que involucra a muchos profesionales y expertos de diversas áreas.

Implementación de la metodología. Para la implementación de Scrum en este caso se decidió empezar por la conformación de los equipos ágiles, esto debe ser lo primero a la hora de implementar una nueva metodología, pues así es más fácil discernir quién llevará a cabo qué tareas y cómo se organizará el proyecto desde el principio. Dado que las metodologías ágiles están orientadas al bienestar, la comunicación y la armonía entre los miembros del equipo de trabajo, los líderes del proyecto y los clientes, resulta adecuado empezar con la asignación de los roles para cada uno de ellos.

Dueños de producto. Los dueños de producto en este caso, siguiendo la definición dada para este rol, deberían ser los directores o jefes funcionales del proyecto.

Facilitadores o ScrumMasters. Estos roles deberían tomarlos ingenieros con altos conocimientos técnicos en cada uno de los procesos involucrados en el proceso de implementación de los circuitos integrados y con entrenamiento en Scrum y sus procesos particulares. Estos ingenieros deben ser capaces de moverse técnicamente entre equipos para poder estar al tanto del progreso y desarrollo de cada sprint, prestar ayuda técnica y administrativa cuando un equipo se encuentra con un obstáculo.

Stakeholder. Los stakeholders en este caso serían las personas que están interesadas en el desarrollo del circuito integrado, los miembros dentro del equipo o por fuera del equipo que pidieron un desarrollo en particular y conocen los requerimientos técnicos del mismo.

Equipo de desarrollo. Como es lógico, los equipos de desarrollo estarán conformados por las personas encargadas de los procesos de implementación del producto, en este caso de las etapas de validación pre- y post-silicio, incluyendo todas las etapas y tipos de pruebas posibles que puedan encontrarse en cada caso.

En el caso de estudio actual, cada equipo de desarrollo estará encargado del resultado de una prueba diferente en las etapas de pre y post- silicio.

Planeación del proyecto

Visión. Para el caso de estudio en particular y teniendo en cuenta las fases de un proyecto ágil que se enumeraron anteriormente, podría decirse que la visión, o plan general es diseñar e implementar un circuito integrado o chip que cumpla con una función determinada bajo una serie de requisitos para el sistema en el que se va a integrar. Como se está analizando un caso genérico, no se considera relevante el tipo de circuito integrado ni su diseño particular.

Mapa. Dado que el mapa es la división del proyecto en tareas pequeñas y verticales, decidió empezarse por dividir las

etapas de la implementación de un circuito integrado (CI). Teniendo en cuenta la descripción del proyecto, podría dividirse la implementación de la siguiente manera, expuestos en orden de ejecución:

Validación pre-silicio

1. Especificaciones de alto nivel.
2. Descripción micro arquitectónica del CI.
3. Verificación por simulación lógica.
4. Optimización lógica.

Validación post-silicio

1. Pruebas estructurales
2. Pruebas funcionales.

Todas las tareas enumeradas anteriormente son tareas horizontales, sin embargo, la verticalidad de estas tareas se obtendrá realizando cada una de ellas para cada uno de los bloques que conforman el circuito integrado al mismo tiempo. Este ciclo de validación pre y post- silicio para cada uno de los sub-componentes o una agrupación de ellos pueden considerarse los sprints o iteraciones del proyecto.

Plan de entregas. Resulta bastante difícil dar un plan de entregas detallado y con todas las características requeridas sin saber la complejidad del circuito integrado en cuestión, sin embargo, sí pueden describirse los entregables al final de cada iteración o sprint. Debido a que el objetivo de cada sprint es producir un entregable que genere valor al proyecto,

se considera adecuado que el entregable final corresponda al entregable esperado al final de cada fase, ya sea el diseño del circuito, la verificación, optimización o prueba del mismo en las diferentes etapas.

Implementación. La implementación de este caso de estudio en particular no es más que iniciar la ejecución del proyecto bajo los parámetros y límites expuestos a lo largo del análisis. De los APM en y del Scrum, tal como se espera de en particular, debe ajustarse la planeación del proyecto, modificando ciclos, entregas y alcances dependiendo de los problemas, obstáculos y avances que surjan en el camino. Sin embargo, pueden preverse algunas situaciones que se presentarán en el proyecto y las medidas que pueden tomarse para sortearlas.

Escalar Scrum: Las metodologías ágiles fueron diseñadas para equipos de trabajo pequeños, de no más de diez personas (Ambler, 2010). Sin embargo, en el presente caso de estudio se presentó como una de las características fundamentales del mismo su complejidad y la gran cantidad miembros que puede tener el equipo de trabajo necesario, lo cual puede ser un impedimento a la hora de aplicar los conceptos ágiles. Para entender el por qué solo basta con imaginarse a un solo facilitador o scrum master ayudando en la gestión de un equipo de cien personas, o un dueño de producto intentando mediar entre un cliente y un equipo de desarrollo enorme, sin divisiones claras.

En casos como este puede considerarse escalar Scrum, lo cual se considera como una opción muy viable en el caso de

estudio, por el tamaño y la complejidad.

Escalar Scrum para un proyecto “macro” es realmente muy sencillo solo se necesita escalar los roles, escalar el ciclo de vida del proyecto y escalar las prácticas ágiles (Ambler, 2010).

Escalar los roles: Para escalar los roles, el punto clave está en escalar los roles individuales del Scrum. Esto se logra adicionando roles al proyecto, los cuales se encargarán de asesorar a los equipos de desarrollo en áreas muy específicas, de coordinar la integración del trabajo entre los equipos y de realizar pruebas exhaustivas de los entregables finales. A continuación, se da una breve descripción de cada uno de los roles que nacen a partir del escalamiento de la metodología (Ambler, 2010).

Dueño de arquitectura: Se encarga de facilitar las discusiones técnicas entre equipos y ayuda a llegar a una decisión a partir de ellas.

Experto en el dominio: Tiene conocimiento detallada de uno o más aspectos del dominio o área de conocimiento en el cual se desarrolla el proyecto

Experto técnico: Tiene conocimiento técnico específico de alguna área. Se necesita por un corto período de tiempo, por lo que varias personas pueden desempeñar este papel a lo largo de un proyecto.

Probador independiente: Se concentra en casos de prueba de alta complejidad, trabajando paralelo a los equipos de

desarrollo, pero de manera totalmente independiente de ellos.

Integrador: Es el responsable de construir el entregable final del proyecto a partir de los diversos subsistemas desarrollador por los equipos.

Especialista: Persona que trabaja dentro de los equipos de desarrollo, encargado de un área especial del conocimiento, por ejemplo, diseñadores de interfaz de usuario, analistas de datos, expertos en seguridad, etc.

Escalar procesos: Para escalar los procesos de Scrum, se lleva a cabo una práctica que se conoce como “Scrum del Scrum”, lo cual no es más que tomar las subdivisiones ya existentes del proyecto, con sus respectivos equipos de trabajo e implementar todas las fases, roles y filosofías del Scrum dentro de las subdivisiones del proyecto como si fueran proyectos independientes (Ambler, 2010).

Entrega y cierre: Dado que se está enfocando la implementación de Scrum a la fase de diseño, prototipado y prueba del circuito integrado, se considerará que la fase de entrega y cierre del proyecto corresponde a la entrega final del diseño y el prototipo, listo para pasar a la fase de manufactura. La fase de diseño y prueba iterativa y flexible que permite Scrum, deja prever como resultado una menor cantidad de errores en la implementación final, manufacturada a escala industrial del proyecto.

Lista de objetivos/requisitos priorizada: Como no se está analizando el diseño de un circuito particular, es difícil

detallar una lista de objetivos priorizada. Sin embargo, una de las ventajas de las metodologías ágiles es su flexibilidad y el hecho de que sus principios no están escritos en piedra, por lo cual puede plantearse una visión general de cómo se puede plantear la división de tareas. Teniendo en cuenta lo mencionado en la sección Metodologías ágiles aplicadas a la gestión de proyectos, más concretamente en Manejo de riesgo y alcance, puede proponerse que las primeras tareas en la lista priorizada sean: 1. Aquellas tareas que son dependencias de otras tareas (no puede, por ejemplo, hacerse una prueba estructural sin una descripción micro arquitectónica del circuito o de un componente del mismo) 2. Aquellas tareas que presentan mayor complejidad o mayor “riesgo”. Volviendo a la verticalidad de las tareas, entonces podría ponerse que lo primero en la Lista deberían ser las tareas verticalmente distribuidas (Es decir, todas las fases de las que se compone la validación pre-silicio y todas las fases de la validación post-silicio) de aquellos componentes del CI que sean más complejos o que tengan mayor probabilidad de presentar fallas en etapas avanzadas de la validación post-silicio o en el proceso de manufactura.

Caso de estudio 3: Diseño de un sistema a base de energías renovables

Se escogió este tipo de proyecto debido a que presenta la mayor parte de los conceptos eléctricos básicos para el área de la ingeniería eléctrica, es decir, por ser un proyecto incluyente en el área técnica.

El diseño de un sistema de energía renovable cuenta con

las siguientes fases o etapas (Abraham, 2006):

Determinar metas energéticas: Estas metas energéticas comprenden los parámetros eléctricos (estos incluyen la carga que va a soportar el sistema, así como el hecho de si va a estar conectada a la red eléctrica comercial, lo que se conoce como sistema híbrido, la potencia total que entregará el sistema, etc.) Y técnicos del proyecto, así como el tipo de energía renovable a utilizar, el tipo de construcción del sistema, etc. Las metas energéticas deben definirse de acuerdo con los recursos económicos del proyecto, con la disponibilidad de la energía renovable dependiendo del lugar de ejecución del proyecto y por supuesto, de acuerdo con las necesidades de los clientes. En general, este es el planteamiento del problema:

Diseño y dimensionamiento: En esta etapa se realiza el planteamiento del diseño eléctrico del sistema, teniendo en cuenta los requerimientos eléctricos de la fase anterior. Esto incluye los equipos eléctricos que se usarán para implementar la red, incluyendo sus parámetros, características, los equipos de medición que se usarán para monitorear la red y los equipos de protección que se usarán en caso de fallo. Así mismo, ya determinados los equipos físicos a usar y sus características reales, debe de hacerse un nuevo cálculo de los parámetros eléctricos que tendrá el sistema, para así revisar que se cumplirá lo determinado en los requerimientos. También debe de hacerse un diseño de la disposición física del sistema y del área que ocupará, una vez implementado. En esta etapa también deben de realizarse simulaciones del comportamiento del sistema en diversos

estados, como el estado normal, el estado en falla y en contingencia.

A continuación, se analizan las características deseables de los proyectos en los cuales se planea la implementación de las metodologías ágiles para ver en qué nivel el caso de estudio los cumple.

Incertidumbre: El diseño de un sistema de energía renovable no presenta un alto grado de incertidumbre. Esto debido a que estos sistemas sirven para apoyar a otros sistemas de potencia, los cuales pueden ser muy grandes y robustos y no requieren ni de muchas modificaciones ni que sean constantes, lo cual hace que los requerimientos eléctricos en el sistema de energías renovables, es decir, las condiciones del proyecto, no varíen demasiado. Así mismo, los sistemas de energía renovable también son implementados para alimentar parte específica de una carga eléctrica de una construcción. Como estos sistemas se diseñan sobredimensionados para soportar una carga mayor a la actual, previendo el crecimiento de la misma, es poco probable que la carga sufra de una modificación drástica durante la ejecución del proyecto que obligue a un cambio en los requerimientos del mismo.

Los equipos pueden ser auto-organizados, no existen los roles especializados y los miembros del equipo tienen un alto grado de autonomía: Debido a que este proyecto sólo incluye un área relativamente pequeña del conocimiento y que es un proyecto de alcance pequeño, puede inferirse que la cantidad de personas que lo ejecutarán

y los equipos de trabajo serán pequeños, lo cual es un síntoma positivo de que los roles técnicos no serán especializados y que todos los miembros podrán hacer parte de las diferentes etapas y tareas del mismo.

Fases o etapas de desarrollo superpuestas o poco definidas: Como se mostró anteriormente, el diseño de un sistema de energías renovables cuenta con etapas bastante definidas, que pueden seguirse casi que secuencialmente, por lo que puede decirse que este proyecto no cumple con esta característica.

Necesidad de difusión y transferencia del conocimiento: Se requiere que los miembros del equipo tengan acceso e información de diferentes fases del proyecto e incluso de diferentes proyectos. Debido a que este es un proyecto en el cual se realizará un diseño con sus respectivas simulaciones y muy probablemente ajustes con base a los diferentes resultados que presente cada simulación, es predecible que los diferentes miembros de los equipos necesiten estar informados del estado actual del proyecto, para poder realizar los cambios y ajustes necesarios.

Tal y como puede observarse, este proyecto no cumple realmente con las características para ser gestionado por medio de un marco de trabajo ágil. Sin embargo, esto no quiere decir que no pueda beneficiarse de los resultados positivos de implementar una APM. Debido a que las características de incertidumbre y etapas de desarrollo poco claras no se cumplen en el proyecto planteado, se decidió entonces implementar para este proyecto una metodología

ágil híbrida, esto permitirá una implementación más fácil y transparente de la metodología, lo cual, en últimas, sólo puede beneficiar los resultados finales del proyecto.

Implementación de la metodología: De acuerdo con la decisión mencionada, de usar un enfoque híbrido para la gestión de este proyecto, se escogió como metodología híbrida a una mezcla de la metodología tradicional cascada y Scrum, conocido como wáter-scrum-fall, que viene de waterfall, cascada en inglés. Esta metodología como ya se explicó con anterior, se basa en el hecho de realizar la primera parte y la última parte del proyecto de acuerdo con la metodología clásica, con un fragmento de Scrum entre ambas. Esto quiere decir que la fase de recolección de requerimientos para el proyecto se hará bajo los procesos y metodologías clásicas. Estos requerimientos incluyen los cálculos de las cargas eléctricas y la potencia que debe entregar el sistema, así como la forma de energía renovable más adecuada para los parámetros eléctricos requerido y la ubicación física del sistema y en general todo el modelamiento matemático y el diseño de la red, al menos para un prototipo inicial el cual se evaluará en simulación. En esta etapa del proyecto, gestionada por medio de la metodología clásica, es donde se realiza la planeación económica del proyecto. Se observa que en esta etapa, las tareas que se mencionaron no presentan grados de incertidumbre particularmente altos. No es muy probable que los parámetros eléctricos del sistema varíen de un momento a otro, así como es muy posible que el presupuesto planeado para cada fase, cambie.

Así mismo, la finalización del proyecto, que puede considerarse a partir de la etapa de implementación y construcción física del sistema de energías renovables, se puede realizar por medio de la gestión clásica de proyectos, incluso cuando la implementación física pueda presentar mayor cantidad de obstáculos inesperados que la planeación del proyecto. Sin embargo, las simulaciones eléctricas son mucho más completas y permiten simular fallas en el sistema, haciéndolos más robustos y resistentes, además, los equipos eléctricos son menos propensos a fallas inesperadas originados por la distribución física, por lo cual es menos probable que durante la fase de implementación física se presenten el tipo de obstáculos que las metodologías ágiles ayudan a superar.

Es así como se puede llegar a la conclusión que Scrum se usará para la fase simulación de la red, así como los ajustes que puedan necesitarse de acuerdo con los resultados de la simulación.

Para la implementación de Scrum se tiene que la composición de los equipos ágiles es:

Dueños de producto: Los dueños de producto en este caso, y siguiendo la definición dada para este rol deberían ser los directores o jefes funcionales del proyecto.

Facilitadores o ScrumMasters: Estos roles deberían tomarlos ingenieros con conocimientos en los procesos, cálculos y modelado de sistemas de potencia que usan energías renovables circuitos y con entrenamiento en Scrum

y sus procesos particulares. Estos ingenieros deberían ser capaces de moverse técnicamente entre equipos para poder estar al tanto del progreso y desarrollo de cada sprint y ser capaces de prestar ayuda técnica y administrativa cuando un equipo se encuentra con un obstáculo.

Stakeholder: Pueden ser, en este caso, desde los inversionistas que manejan el presupuesto con el cual se hará la implementación física del proyecto y con el cual se realizarán los contratos para el diseño y planeación, hasta los usuarios que se verán directamente afectados por la implementación o conexión del sistema en la red eléctrica que usan. En este caso en particular, la retroalimentación de los stakeholders es particularmente importante pues la conexión de una nueva fuente de potencia los afecta directamente y sus comentarios pueden resultar particularmente beneficiosos para el proyecto.

Equipo de desarrollo: Los equipos de desarrollo en este caso en particular no son tan numerosos como los equipos del caso de estudio número dos, sin embargo, la composición esperada de los equipos no es diferente. Se espera que los equipos estén conformados por personas con el conocimiento necesario para realizar e implementar el diseño en alguna herramienta de simulación, y que sean capaces de realizar los ajustes necesarios en el mismo para que el diseño se encuentre dentro del rango eléctrico requerido por el proyecto.

Planeación del proyecto

Visión: Para el presente caso de estudios la visión o plan general es simular y optimizar un sistema de potencia de energías renovables, la cual cumpla con los requerimientos específicos tanto eléctricos como físicos para poder satisfacer las necesidades de los usuarios o clientes, sea esta la alimentación de cargas específicas dentro de un edificio o la conexión como fuente de potencia a una red ya existente.

Mapa: Debido a que el campo de acción del proyecto en este caso de estudio es muy limitado, pues sólo abarca la simulación, la optimización y el análisis de los resultados de los dos pasos anteriores para diferentes casos que deban de considerarse en la red. Estos pueden ir desde los que presentan fallas en el sistema, los cuales debe de actuarse bajo contingencias, así como casos en los que los tipos de cargas que alimenta el sistema aumenten de manera considerable, sean muy bajos o cambien drásticamente su naturaleza (inductiva o capacitiva). Debido a que las metodologías ágiles recomiendan que las tareas sean horizontales, estas simulaciones, optimizaciones y análisis pueden realizarse de manera horizontal para cada uno de los escenarios que se consideren relevantes. Así es como puede acordarse que los resultados de estos procesos sean presentados en el orden mencionado anteriormente: primero los resultados de la simulación, luego de la optimización y finalmente del análisis.

Plan de entregas: Como ya se mencionó, anteriormente la dificultad de plantear un plan de entregas en estos casos genéricos radica en que no se conocen exactamente la

composición de cada sprint o entrega, por lo que no puede decirse con exactitud cuándo empezará o cuándo terminará de cada uno. Sin embargo, debido a lo pequeño que es el proyecto (o sub-proyecto en este caso) lo que sí puede asegurarse es que los sprints e iteraciones serán cortos, con tareas igualmente cortas y muy concisas.

Implementación: La implementación en este caso no es más que recibir el diseño de la parte inicial del proyecto, gestionado por el método cascada e implementar las simulaciones en alguno de los diferentes softwares, los cuales también se encargan de la optimización de la misma implementación de acuerdo con los parámetros ingresados que hacen parte del modelo y del diseño. Quizás la parte más importante de la implementación del proyecto es el ajuste del diseño de acuerdo con los resultados de la simulación y la optimización, proceso que es perfecto para la metodología iterativa del Scrum; si algún ajuste es implementado en el diseño, deberá pasar de nuevo por el proceso de simulación y optimización hasta que se cumplan con los requerimientos del proyecto.

Entrega y cierre: Dado que la parte del proyecto es sólo una pequeña fase de un proyecto mayor que va a gestionarse con otra metodología, el cierre del proyecto es el punto en el cual las simulaciones, optimizaciones y análisis arrojan resultados satisfactorios y el diseño es aprobado para empezar la implementación física.

Lista de objetivos/requisitos priorizada: Debe tenerse en cuenta que la lista de tareas es muy limitada. Sin embargo,

debido a que la naturaleza de los entregables es resultados y simulaciones, la tarea priorizada será la de la simulación y optimización del escenario más crítico, es decir, del escenario que afecte más al funcionamiento de red. Esto permitirá tener rápidamente un plan de contingencia y por lo tanto, modificar el diseño de acuerdo con el peor escenario.

Análisis y conclusiones

A continuación, se realizará el análisis correspondiente a la implementación de los conceptos ágiles en los casos de estudio.

Se observó que las metodologías ágiles son particularmente útiles y eficientes para integrar proyectos entre sí, debido a que permiten una fácil adaptación a cambios y a las revisiones constantes que se hacen del estado de las tareas. Esto pudo evidenciarse en los tres casos de estudio, pues todos estaban en contacto con proyectos externos y como se vio en el caso uno; el uso de Scrum en este proyecto logró influenciar positivamente a los equipos de los proyectos externos, mientras que en el caso tres, los proyectos externos eran en realidad complementarios y dependientes entre sí con el proyecto correspondiente, por lo cual puede decirse que la implementación exitosa de Scrum afectará directamente estos proyectos.

Así mismo, se observó que mientras el proyecto de desarrollo de software no requiere escalar Scrum dentro de sus procesos, ni se requieren de más roles dentro del mismo, para el proyecto de diseño de circuitos integrados si fue así,

esto se debió al gran número de equipos dentro del proceso para el diseño de los circuitos integrados. Teniendo en cuenta que uno de los motivos por los que el Scrum facilita los procesos y los “agiliza”, es la intensa comunicación que hay entre los miembros de los equipos y con las personas que tienen roles de líderes dentro del proyecto, es entendible que este proceso se vea entorpecido al crecer los equipos y al tener que incluir dentro de la comunicación a más personas. Se observó que el objetivo de escalar Scrum fue entonces aumentar el número de personas que sirvan de puente entre equipos, que sean un factor integrador que ayuden con la comunicación y la gestión, tanto técnica como administrativa. Lo anterior permite evidenciar la flexibilidad en la implementación de las metodologías ágiles, pues si bien es recomendable seguir los modelos y marcos de trabajo “al pie de la letra”, se pueden obtener los múltiples beneficios que ellas ofrecen aplicando los conceptos a otros procesos adaptados para diferentes tipos de proyectos, lo cual es algo positivo, pues esto les permite a las metodologías ágiles adaptarse a las características y necesidades particulares de cada proyecto.

Se observó también la enorme necesidad de conocer en líneas generales el proceso técnico que involucra el proyecto, pues es fundamental para la implementación exitosa de metodologías ágiles.

Volviendo a los casos de estudio en los cuales se aplicó Scrum, se observó que todas las implementaciones de la metodología se hicieron con base a generalidades técnicas de los proyectos propuestos, lo cual puede ser muy útil para

empezar a planear entregas y listas de tareas priorizadas. Se observó también que las características más importantes que deben tener un proyecto para ser un candidato ideal en la gestión por APM son el grado de incertidumbre que presentan y que sus fases o etapas estén poco definidas, se llegó a esta conclusión puesto que son estas características las que permiten que las iteraciones y los ciclos de diseño, implementación y prueba sean más aplicables, eficaces y rápidos. Esto último evidencia las limitaciones que tuvo al implementarse Scrum en el caso de estudio 3, en el cual la parte correspondiente a las metodologías ágiles tuvo que recortarse y adaptarse a la parte del proyecto que cumplía mejor con estas características, como lo fue en la parte de simulación y optimización, que corresponden a una parte del proyecto fuertemente ligada al desarrollo de software y al uso de herramientas informáticas en general, lo cual puede explicar la compatibilidad con las APM, si se tiene en cuenta que el agilismo surgió específicamente en el área de la ingeniería de software.

Observando los casos de estudio y el análisis presentado anteriormente puede llegarse a la conclusión de que las metodologías ágiles sí son aplicables a proyectos de diversas características de ingeniería eléctrica y electrónica, sin embargo, se observó que tal vez todas las etapas de un proyecto en particular no sean viables para ser gestionadas de esta manera y que forzarlo puede afectar negativamente el proyecto, por lo que la solución puede ser dividir el proyecto en sub proyectos gestionados con diversas metodologías de acuerdo con sus características para ser integrados más adelante.

Se observó también que los casos de estudio presentados estaban enfocados en la calidad del producto entregado al cliente o usuario, así como en la rapidez del proceso, lo cual son beneficios que ofrecen las metodologías ágiles por medio de las buenas prácticas que predica, por lo que es posible extrapolar que si bien no todos los proyectos son candidatos para la implementación de metodologías ágiles en la gestión, algunas de las filosofías de estas pueden aplicarse a los mismos para lograr buenos resultados y progreso.

BIBLIOGRAFÍA

Abraham, L (2006). Renewable Energy in Commercial Buildings. En línea [http://www.research.umn.edu/downloads/Part2.pdf], consultado en 2016-01-11.

Ambler, S. W (2010). Scaling Scrum: Lessons from the Trenches. En línea [ftp://public.dhe.ibm.com/software/fr/rational/ambler-scaling-scrum.pdf], consultado en 2016-09-11.

APM North West (2015). The Practical Adoption of Agile Methodologies. En línea [https://www.apm.org.uk/sites/default/files/The-Practical-Adoption-of-Agile-Methodologies.pdf], consultado en 2016-03-10.

Beck, K et al (2001). Agile Manifesto. En línea [http://agilemanifesto.org/iso/en/manifesto.html], consultado

en 2016-09-10.

DeCarlo, D (2004). eXtreme Project Management. Using Leadership, Principles and Tools to Deliver Value in the Face of Volatility. Jossey-Bass. San Francisco.

ESI International, Inc (2010). Successful Solutions through Agile Project Management. EnLínea [https://www.strategyex.com/government-solutions/government-training-programs/~media/files/public-site/us/whitepapers/esi_agile-wp.ashx], consultado en 2016-03-10.

Glew Engineering (2014). The Agile Hybrid Product Development Process. En línea [http://glewengineering.com/the-agile-hybrid-product-development-process/], consultado en 2016-23-10.

Green, P (2008). Adobe Premiere Pro Scrum Adoption. En línea [http://blogs.adobe.com/agile/files/2012/08/Adobe-Premiere-Pro-Scrum-Adoption-How-an-agile-approach-enabled-success-in-a-hyper-competitive-landscape-.pdf], consultado en 2016-27-10.

Hass, K (2007). The Blending of Traditional and Agile Project Management. En línea [http://chelsoftusa.com/uploads/3/4/1/3/34136265/agile_well_explained.pdf], consultado 2016-02-10.

Knut, H et al (2006). Agile Process Management: Framework and Methodology. En línea

<http://www.aaai.org/Papers/Symposia/Spring/2006/SS-06-06/SS06-06-008.pdf>], consultado en 2016-04-2015.

Kularatna, N (2008). Electronic Circuit Design: From Concept to Implementation. Taylor & Francis. Boca Raton.

Layton, M (2013). Project Management for Dummies. En línea [http://www.dummies.com/careers/project-management/team-roles-within-an-agile-management-framework/], consultado en 2016-23-10.

Owen, R et al (2006). Is Agile Project Management Applicable to Construction?, en: 14th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 25-27 July 2006, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

Rico, F. D (2010). Lean and Agile Project Management for Large Programs and Projects. En Línea [https://ai2-s2-pdfs.s3.amazonaws.com/5200/eb5f231be6fd9f5fcb8b36b4c77843f6cb3f.pdf], consultado en 2016-03-10.

Robins, D (2016). Introduction to Hybrid Project Management Methodology. En línea [https://www.binfire.com/blog/2016/07/hybrid-project-management-methodology/], consultado en 2016-25-10.

Standish Group (2013). Chaos Manifesto 2013. En línea [http://athena.ecs.csus.edu/~buckley/CSc231_files/Stand

ish_2013_Report.pdf], consultado en 2016-08-10.

Standish Group (2013). Chaos Manifesto 2012. En línea [https://cs.calvin.edu/courses/cs/262/kvlinden/resources/CHAOSManifesto2012.pdf], consultado en 2016-08-10.

Wagner, I et al (2011). Post-Silicon and Runtime Verification for Modern Processors. En línea: [http://www.springer.com/cda/content/document/cda_downloadaddocument/9781441980335-c1.pdf? SGWID=0-0-45-1065843-p174062671], consultado en 2015-01-11.

Yllén, M (2015). Agile Project Management in the Construction Industry. En línea [https://www.kth.se/polopoly_fs/1.339912!/Menu/general/column-content/attachment/Mattias_no148.pdf], consultado en 2016-20-10.